



Insassenschutz durch Seiten-Airbags im Pkw

Unfallforschung kompakt

Unfallforschung
der Versicherer



GDV

Inhalt

Einleitung	4
Methodik	5
Ergebnisse	7
Diskussion	12
Schlussfolgerung	13
Literatur	14
Impressum	15

Einleitung

Seitenairbags sind seit ihrer Serieneinführung 1994 eine Standardkomponente der Sicherheitsausstattung moderner Pkw geworden [1]. Während es sich bei den ersten Systemen auf dem Markt um Thorax-Seitenairbags handelte, die bei einem seitlichen Anprall lediglich die Brustregion abdecken, wurde der Schutzbereich mit Airbags, die einen harten Anprall des Kopfes gegen Innenraumstrukturen oder von außen eindringende Objekte verhindern sollten, deutlich erweitert. Um dies zu erreichen, wurde entweder bei sogenannten Kopf-Thorax-Seitenairbags der Seitenairbag im oberen Bereich vergrößert oder ein separates Airbagmodul, der Kopf-Seitenairbag, hinzugefügt, welches den Luftsack aus dem Dachrahmen entfaltet, um vorrangig den Kopf und Hals des Insassen zu schützen und dafür oft die erste und die zweite Sitzreihe mit einem einzigen Luftsack abdeckt. Während letztere Systeme bei modernen Mittel- und Oberklassefahrzeugen in der Regel zum Standard gehören, sind sie bei Klein- und Kompaktwagen oft nur als Sonderausstattung erhältlich.

Die weite Verbreitung von Seitenairbags ist in Europa zum Teil durch Verbraucherschutztestverfahren wie EuroNCAP begründet, welches von Beginn an einen seitlichen Anprall mit einer 950 kg schweren, fahrbaren Stoßbarriere beinhaltete und später durch einen Pfahl-aufpralltest für Modelle mit Seitenschutzmaßnahmen ergänzt wurde [2, 3].

Während eine Reihe von Studien den Schutzeffekt von Frontairbags nachweisen konnte, existieren vergleichsweise wenige Arbeiten zum Nutzen von Seitenairbags, besonders in Europa. Page et al. publizierten 2006 eine umfassende Übersichtsarbeit der internationalen Forschung auf diesem Gebiet [4]. Die Ergebnisse einer eigenen Untersuchung zu Seitenairbags im Unfallgeschehen konnten keine entscheidende Reduktion des Verletzungsrisikos bei Seitenkollisionen nachweisen [4].

Otte und Hüfner veröffentlichten Ergebnisse einer GIDAS-Analyse (German in-depth accident study) von Seitenkollisionen, die sich zwischen 1999 und 2005 ereigneten [5]. Die Aussagekraft ihrer Studie war durch die geringe Fallzahl limitiert, auf deren Grundlage kein klarer statistischer Nachweis der Schutzwirkung durch Seitenairbags erbracht werden konnte. Eine fallweise Gegenüberstellung von Kollisionen mit und ohne Seitenairbags ließ vermuten, dass diese das Risiko von Verletzungen der Schwere AIS 3+ (AIS: Abbreviated Injury Scale) für Thorax und Kopf verringern, gleichzeitig aber auch die Häufigkeit von Verletzungen in diesen Körperregionen erhöhen könnten.

Es stellt sich daher die Frage, ob aktuelle Seitenairbagsysteme, die in Kombination mit strukturellen Maßnahmen am Fahrzeug in Standard-Crashtests zweifellos gut arbeiten, das gleiche Maß an Insassenschutz auch in realen Unfallsituationen aufweisen. Ziel der vorliegenden Studie war es, die Erkenntnisse um die Wirkung von Seitenairbags im realen Unfallgeschehen mit Hilfe einer alternativen Methodik zur Kategorisierung von Kollisionen vergleichbarer Schwere zu erweitern. Das untersuchte Fallmaterial ist dabei auf Zusammenstöße zwischen Kraftfahrzeugen beschränkt und berücksichtigt keine Alleinunfälle, die zum Anprall an Hindernisse oder zu Fahrzeugüberschlägen führten.

Methodik

Für diese Studie wurden Unfallereignisse aus der Unfalldatenbank der Versicherer (UDB) analysiert. Diese enthält etwa 8.000 Fälle, basierend auf Informationen aus Schadenakten der Kraftfahrthaftpflichtversicherer. Nur Fälle mit Personenschaden und einem Schadenaufwand von mindestens 15.000 Euro finden Eingang in diese Datenbank. Die Tatsache, dass es sich um Haftpflichtfälle handelt, die Personen- oder Sachschaden bei Dritten beinhalten, bringt es mit sich, dass Alleinunfälle im Fallgut tendenziell unterrepräsentiert sind. Sie sind daher nicht Gegenstand der vorliegenden Untersuchung. Das Mate-

rial wurde einer Vorselektion unterzogen, um Kollisionen zwischen Kraftfahrzeugen zu identifizieren, bei denen ein Personenkraftwagen eine seitliche Beschädigung erlitt, die potenziell stark genug war, um bei einem Insassen eine Verletzung zu verursachen. Unfallgegner waren andere Pkw, Kleintransporter, Lastkraftwagen und Busse sowie andere schwere Fahrzeuge wie beispielsweise landwirtschaftliche Zugmaschinen. Zusammenstöße mit motorisierten Zweirädern wurden hingegen ausgeschlossen.

Die Vorauswahl ergab 296 Fälle der Unfalljahre 2002 bis 2010, in denen ein Insasse auf derjenigen Seite des Pkw saß, wo auch der Hauptanstoß erfolgte. Es wurde nicht nach Gurtsicherung der Insassen unterschieden, weil bei einer stoßzugewandten Sitzposition von einem geringen Einfluss auf das Verletzungsrisiko ausgegangen werden kann. Insassen unter zwölf Jahren wurden von der Betrachtung ausgenommen, weil sich diese hinsichtlich ihrer Körpergröße von Erwachsenen unterscheiden und ohnehin in geeigneten Kinderrückhalteeinrichtungen befördert werden sollten. Das Material wurde darüber hinaus auf Kollisionen begrenzt, bei denen Anprallstelle, -richtung und Fahrzeugbeschädigung hinreichend gut dokumentiert waren. Abhängig von der Dokumentationsqualität der Verletzungen und Seitenairbagauslösung unterschieden sich die verfügbaren Fallzahlen für spezifische Auswertungen geringfügig. Anprallrichtung und -ort am seitlich getroffenen Fahrzeug wurden aus Unfallskizzen und Lage der Fahrzeugbeschädigungen abgeschätzt.

Die Schwere der Beschädigung ist kategorisiert nach der Lage der seitlichen Hauptbeschädigung (vor der Fahrgastzelle, Fahrgastzelle, hinter der Fahrgastzelle) und der Intrusionstiefe. Letzterer wurde ein Beschädigungsgrad (englisch: Degree of Damage DoD) zugewiesen, wie er regelmäßig bei der Fallersfassung für die Unfalldatenbank der Versicherer Anwendung findet. Bei dieser Methode wird das vorliegende Schadensbild mit Beispielen von Standard-Beschädigungsmustern verglichen, die Beschädigungsgrade von DoD1 für geringe Deformationen und DoD2 für mäßige Intrusionen bis zu DoD5 mit massiven Deformationen abbilden (Abb. 1).

Methodik



Abb. 1: Beispiele für Beschädigungsgrade (DoD) nach Definition der Unfallforschung der Versicherer

Die Auslösung von Seitenairbags wurde aus Schadenbildern oder Reparaturkostenkalkulationen bestimmt. Wo keine Airbagauslösung festgestellt wurde, konnte dies in der ausgebliebenen Aktivierung oder schlichtweg dem Nicht-Vorhandensein des Seitenairbags begründet sein. Diese beiden Ursachen wurden nicht unterschieden, wenn Fälle ohne Seitenairbagauslösung betrachtet wurden.

Verletzungsschweren für die stoßzugewandt sitzenden Insassen wurden nach dem Abbreviated Injury Scale der Version AIS 1990, Update 98 [6] kodiert. Darüber hinaus wurden die höchsten AIS-Werte in den jeweiligen Körperregionen sowie der größte bei der Person vorgefundene AIS-Wert (MAIS, Maximum AIS) bestimmt.

Die Wirkung eines Seitenairbags wird durch Vergleich der Verletzungsfolgen in der Gruppe von Seitenkollisionen mit ausgelöstem Seitenairbag und der Gruppe von Seitenkollisionen ohne ausgelösten beziehungsweise mit nicht vorhandenem Seitenairbag abgeschätzt. Da viele Einflussgrößen Auswirkung auf die Schwere eines Seitenaufpralls und die Belastung des Insassen haben, ist ein direkter Vergleich zwischen Unfallereignissen mit und ohne Seitenairbagauslösung schwierig. Während eine starke Intrusion der Seitentür Verletzungen wahrscheinlich durch direkte Kraft auf den Insassen hervorrufen wird, kann dieser auch verletzt werden, wenn

das Fahrzeug einen schweren Anstoß im Bereich vor oder hinter der Fahrgastzelle erfährt. Um solche Ungleichheit und ihre Effekte auf die Insassenbelastung zu berücksichtigen, wurde eine Wichtungsmethode entwickelt. Wesentliche Variablen, wie Beschädigungsgrad oder Anstoßstelle am Fahrzeug, werden abhängig von ihrer vermuteten Auswirkung auf den Insassen einzeln in zwei oder drei Klassen unterschieden und diese mit Wichtungspunkten belegt. Die Wichtungspunkte werden anschließend summiert und der Gesamtpunktwert einer von drei Kategorien zugeordnet, die verschiedene Niveaus der Aufprallschwere repräsentieren sollen. Die Wichtungspunkte wurden nach folgendem Schema zugewiesen:

Anprallrichtung	1, 5, 7 oder 11 Uhr	1 Punkt
	2, 4, 8 oder 10 Uhr	2 Punkte
	3 oder 9 Uhr	3 Punkte
Anprallstelle	Bereich vor oder hinter der Fahrgastzelle	1 Punkt
	Fahrgastzelle	2 Punkte
Überschlag	kein Überschlag	0 Punkte
	viertel oder halbe Drehung	1 Punkt
Beschädigungsgrad	DoD1 oder DoD2	1 Punkt
	DoD3, DoD4 oder DoD5	2 Punkte
Kollisionsgegner	„leichtes“ Fahrzeug: Pkw oder Kleintransporter	1 Punkt
	„schweres“ Fahrzeug: Lkw, Bus oder landwirtschaftliche Zugmaschine	2 Punkte

Bei schweren Seitenkollisionen sind Mehrfachkollisionen keine Seltenheit, weshalb diese im Rahmen der vorliegenden Studie mit berücksichtigt wurden, solange der Seitenaufprall mutmaßlich das schwerste Stoßereignis für die Insassenbelastung darstellte. Fälle mit Fahrzeugüberschlag im Anschluss an den seitlichen Aufprall wurden ausgeschlossen, wenn dieser eine halbe Fahrzeugdrehung überschritt. Als „leichte Fahrzeuge“ wurden Unfallgegner festgelegt, wenn deren zulässige Gesamtmasse höchstens 3,5 t betrug. Gegner mit höherer zuläs-

siger Gesamtmasse wurden dementsprechend als „schwere Fahrzeuge“ definiert. Die resultierenden Gesamtpunktwerte wurden den folgenden Gesamt-Aufprallschwere-Kategorien zugeordnet:

„minder schwerer“ Seitenaufprall (Typ I)	4 bis 5 Punkte in Summe
„mittelschwerer“ Seitenaufprall (Typ II)	6 bis 7 Punkte in Summe
„schwerer“ Seitenaufprall (Typ III)	8 bis 10 Punkte in Summe

Die relativen Häufigkeiten von Verletzungsschweren in der Gruppe von Kollisionen mit ausgelöstem Seitenairbag und der Gruppe von Kollisionen ohne ausgelösten Seitenairbag werden einander innerhalb der jeweiligen Gesamt-Aufprallschwere-Kategorien gegenübergestellt, damit annähernd vergleichbare Belastungsbedingungen für die Insassen herrschen.

Im ersten Schritt werden Seitenkollisionen mit aktiviertem Thorax-Seitenairbag und Seitenkollisionen ohne aktivierten Thorax-Seitenairbag untersucht. Das Material beinhaltet Personenkraftwagen aller Modelljahre einschließlich einer Anzahl von Fahrzeugen, die zum Zeitpunkt ihrer Produktion noch keine Seitenairbags aufwiesen. Modellen früherer Modelljahre fehlten nicht nur Seitenairbags, sondern auch verstärkte Seitenstrukturen, so dass diese Fahrzeuge ihren Insassen vermutlich weniger Schutz boten.

Im zweiten Schritt wird deshalb die Auswertung von Kollisionen mit aktivierten und solchen mit nicht aktivierten Thorax-Seitenairbags auf Fahrzeugmodelle beschränkt, die 1997 oder danach am Markt eingeführt wurden. Es kann unterstellt werden, dass der Einfluss von Verbrauchertestverfahren sich bereits in vielen dieser Modelle widerspiegelt, die damit eine homogenere Basis bieten, um Unterschiede in der Schutzwirkung durch Seitenairbags festzustellen. Bei Modellen ab 1997 werden auch Kollisionen mit ausgelösten und nicht ausgelösten Kopf-Seitenairbags analysiert, wenngleich seitens der Hersteller normalerweise beabsichtigt ist, dass diese mit

Thorax-Seitenairbags zusammen wirken. Daher beschränkt sich diese Auswertung auf die Schutzwirkung für den Kopf.

Ergebnisse

Nach Ausschluss von Fällen mit unbekannter Anprallrichtung, Anprallstelle oder Beschädigungsgrad am seitlich getroffenen Pkw verblieben 200 Unfälle mit bekanntem MAIS des stoßseitig sitzenden Insassen für die Auswertung. Neun dieser Personen erlitten tödliche Verletzungen. Von den untersuchten Fahrzeugen waren 75 Modelle, die vor 1997 am europäischen Markt erschienen; 125 wurden 1997 oder danach eingeführt.

Hinsichtlich Alter und Geschlechterverteilung ähnelten sich die beiden Gruppen von Fahrzeugmodellen stark. Insassen in Modellen vor 1997 waren im Mittel 42,0 Jahre alt und der Anteil männlicher Insassen betrug 54 Prozent. In Modellen ab 1997 betrug das durchschnittliche Alter 43,2 Jahre und der Anteil männlicher Insassen 59 Prozent. Unabhängig vom Fahrzeugalter handelte es sich bei etwa drei von vier stoßzugewandt Sitzenden bei seitlichem Anstoß um den Fahrer. Beifahrer auf dem Vordersitz stellten einen Anteil von ungefähr 17 Prozent und stoßzugewandt sitzende Mitfahrer in der zweiten Sitzreihe machten entsprechend etwa 7 Prozent aus.

Mit etwa der Hälfte der seitlichen Stöße annähernd rechtwinklig von links oder rechts kommend waren die Anprallrichtungen für beide Gruppen von Modelljahren ähnlich verteilt. Ebenso wenig unterschied sich die Verteilung der Anprallbereiche zwischen den beiden Gruppen: in jeweils ungefähr der Hälfte der Fälle wurde die Fahrgastzelle unmittelbar getroffen.

Die Anteilswerte der Beschädigungsgrade unterschieden sich hingegen deutlich zwischen Fahrzeugmodellen vor 1997 und solchen ab 1997. Schwerer oder massiver Schaden (DoD 3 bis 5) lag bei Fahrzeugmodellen vor 1997 zu 61 Prozent vor, aber nur zu 22 Prozent bei Modellen von 1997 oder später. Dementsprechend differierten auch die

Ergebnisse

Verteilungen der Gesamt-Aufprallschweren. Während Fahrzeuge beider Gruppen einen mittelschweren Seitenaufprall (Typ II) in etwa 60 Prozent der Fälle erlitten, betrug der Prozentsatz von Fahrzeugen mit schwerem Seitenaufprall (Typ III) 25 Prozent bei Modellen vor 1997 im Gegensatz zu 10 Prozent bei Modellen ab 1997.

Die Untersuchung der Wirkung des Thorax-Seitenairbags berücksichtigte im ersten Schritt alle seitlich getroffenen Pkw unabhängig von ihrem Alter. Bei Zugrundelegung der zuvor festgelegten drei Gesamt-Aufprallschwere-Kategorien zeigt die Differenzierung nach MAIS-Kategorien (MAIS 0-1, MAIS 2, MAIS 3+), dass ausgelöste Thorax-Seitenairbags zwar insbesondere den Anteil von MAIS 2 bei mittelschwerem Aufprall (Typ II) ver-

ringerten, jedoch nicht bei schwerem Aufprall (Typ III) (Abb. 2). Für letztere war die Fallzahl allerdings auch gering. Bei milderem Aufprall (Typ I) fand sich bei ausgelösten Seitenairbags eine kleine Zahl von MAIS 2 und MAIS 3+ Verletzungsschweren, die in Fällen ohne ausgelösten Seitenairbag nicht auftraten.

Werden nur Verletzungen der Brust – also der Körperregion, bei der ein Thorax-Seitenairbag die größte Wirkung zeigen sollte – betrachtet, lässt sich eine Reduktion der Häufigkeit von AIS 2 und AIS 3+ Verletzungen am ehesten bei schwerem Aufprall (Typ III) ausmachen, wenngleich auf kleiner Fallzahl basierend (Abb. 3). Bei Typ II-Aufprallschwere ist der Effekt gering und bei Typ I-Aufprallschwere ist ein leichter Anstieg der Verletzungshäufigkeit erkennbar.

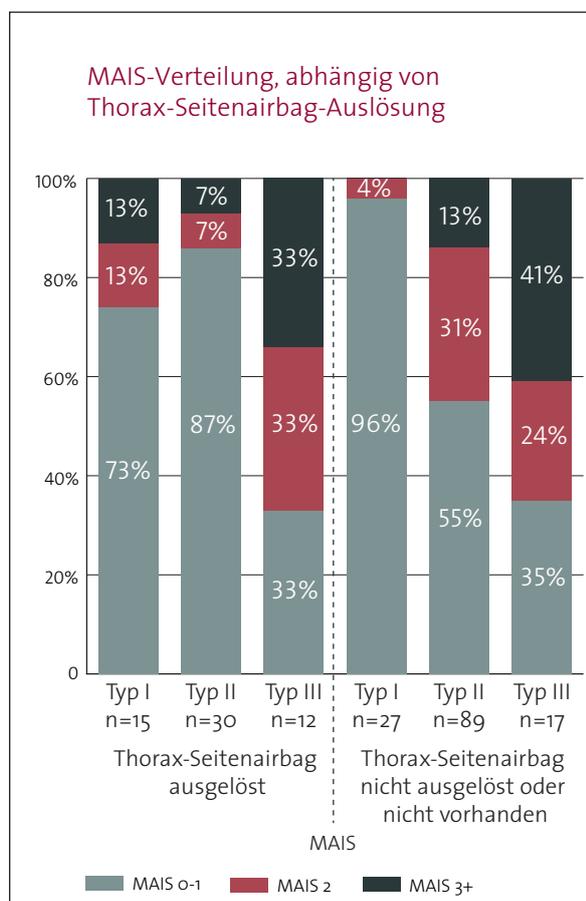


Abb. 2: MAIS-Verteilung für Fahrzeuge mit ausgelösten und nicht ausgelösten Thorax-Seitenairbags (Fahrzeuge aller Modelljahre)

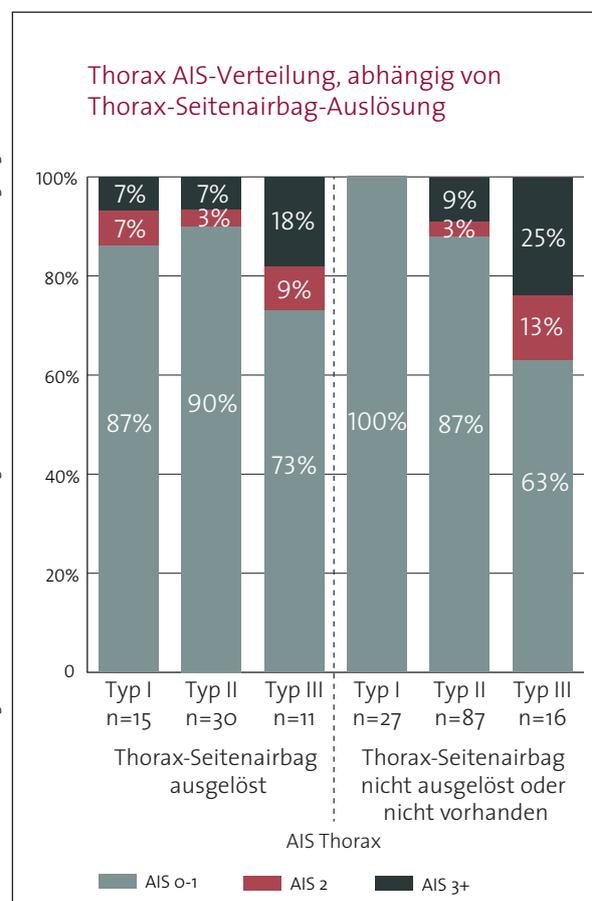


Abb. 3: Thorax AIS-Verteilung für Fahrzeuge mit ausgelösten und nicht ausgelösten Thorax-Seitenairbags (Fahrzeuge aller Modelljahre)

Im zweiten Teil der Analyse des Einflusses von Thorax-Seitenairbags auf die Verletzungshäufigkeit wurde die Auswertung in der Annahme homogenerer Fallmaterials auf Fahrzeugmodelle ab 1997 beschränkt. Die verfügbare Fallzahl verringerte sich folglich. Auch unter diesen Bedingungen reduzierte sich der Anteil von MAIS 2 bei mittelschwerem Aufprall (Typ II), wohingegen in den beiden anderen Kategorien (Typ I und Typ III) einige MAIS 2- und MAIS 3+ Fälle im Zusammenhang mit ausgelöstem Thorax-Seitenairbag auftraten (Abb. 4).

Im Weiteren wurden auch eventuelle Effekte eines Thorax-Seitenairbags auf verschiedene Körperregionen untersucht. Abb. 5 zeigt die Verteilung der Kopfverletzungsschwere nach AIS. Für Typ II-Aufprallschwere verringerte

sich der Anteil von Kopfverletzungen AIS 2 und AIS 3+ etwas. Der potenzielle Einfluss von Kopf-Seitenairbags, sofern Fahrzeuge mit diesen zusätzlich zu Thorax-Seitenairbags ausgestattet waren, ist hierin enthalten. Ein Unfall mit einer AIS 3+ Kopfverletzung fand sich innerhalb des Typ I-Aufprallschwere-Materials, erfordert allerdings eine Erläuterung. In diesem Fall kollidierte ein Cabriolet unter spitzem Winkel mit einem entgegenkommenden Lkw, was zu einer vergleichsweise geringen Intrusion der seitlichen Struktur und somit zu einem geringen Gesamtpunktwert für die Gesamt-Aufprallschwere führte. Der ausgelöste Thorax-Seitenairbag konnte allerdings nicht verhindern, dass der Kopf des Fahrers durch den Stoßimpuls in Richtung des linken Seitenfensters gedrückt wurde und dann vermutlich ge-

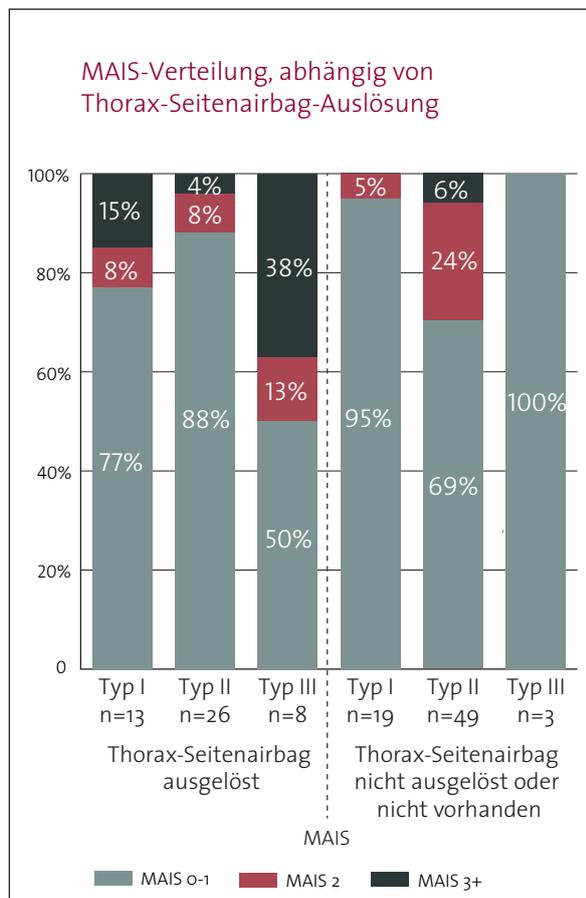


Abb. 4: MAIS-Verteilung für Fahrzeuge mit ausgelösten und nicht ausgelösten Thorax-Seitenairbags (Modelle ab 1997)

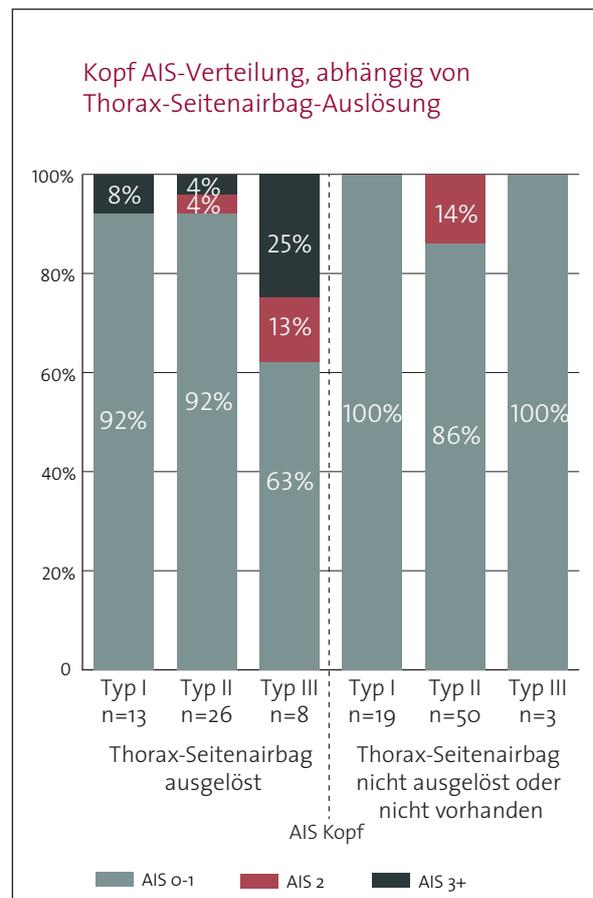


Abb. 5: Kopf AIS-Verteilung für Fahrzeuge mit ausgelösten und nicht ausgelösten Thorax-Seitenairbags (Modelle ab 1997)

Ergebnisse

gen die Struktur des Lkw prallte. Der Fahrer starb im Krankenhaus an seinen Kopfverletzungen.

Für Brustverletzungen lassen die in Abb. 6 dargestellten Daten für keine der drei Aufprallschwere-Kategorien einen Nutzen des Thorax-Seitenairbags erkennen.

Abdominalverletzungen jenseits von AIS 1 waren sowohl in Fällen mit wie auch ohne ausgelösten Thorax-Seitenairbag so selten, dass sich für diese Körperregion keine Schlussfolgerungen ziehen lassen.

Ebenso fanden sich im Fallmaterial nur je eine AIS 2 und AIS 3+ Verletzung der unteren Extremitäten (Beine und knöchernes Becken). Weil ein Thorax-Seitenairbag diesen Körperbereich kaum abdeckt, ist dort auch kein Effekt auf die Verletzungshäufigkeit zu erwarten.

AIS 2-Verletzungen der oberen Extremitäten waren zwar ebenfalls selten, scheinen aber bei mittelschweren Aufprallereignissen durch einen ausgelösten Thorax-Seitenairbag in ihrer Häufigkeit reduziert zu werden (Abb. 7). Zuletzt wurde der Einfluss von Kopf-Seitenairbags analysiert. Es wurden nur separate Kopf-Seitenairbagmodule betrachtet, weil kombinierte Kopf-Thorax-Seitenairbags

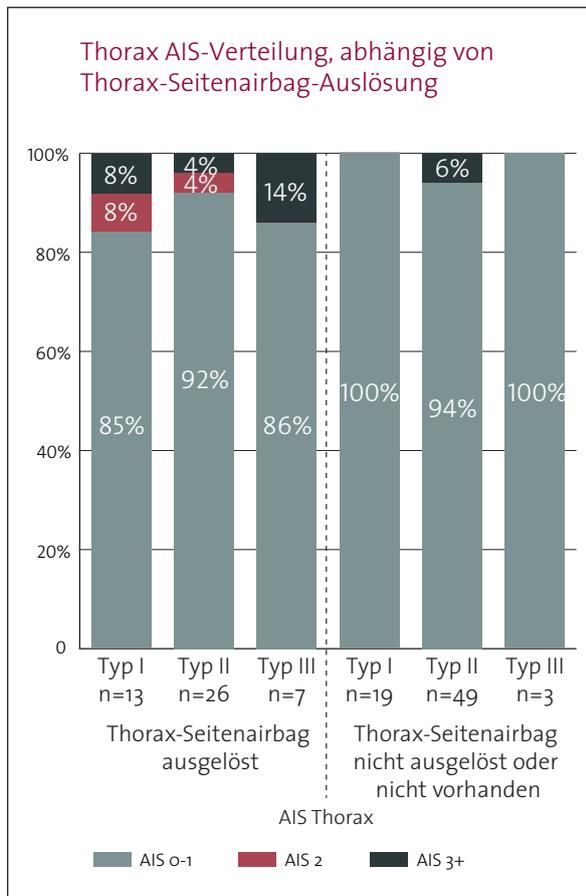


Abb. 6: Thorax AIS-Verteilung für Fahrzeuge mit ausgelösten und nicht ausgelösten Thorax-Seitenairbags (Modelle ab 1997)

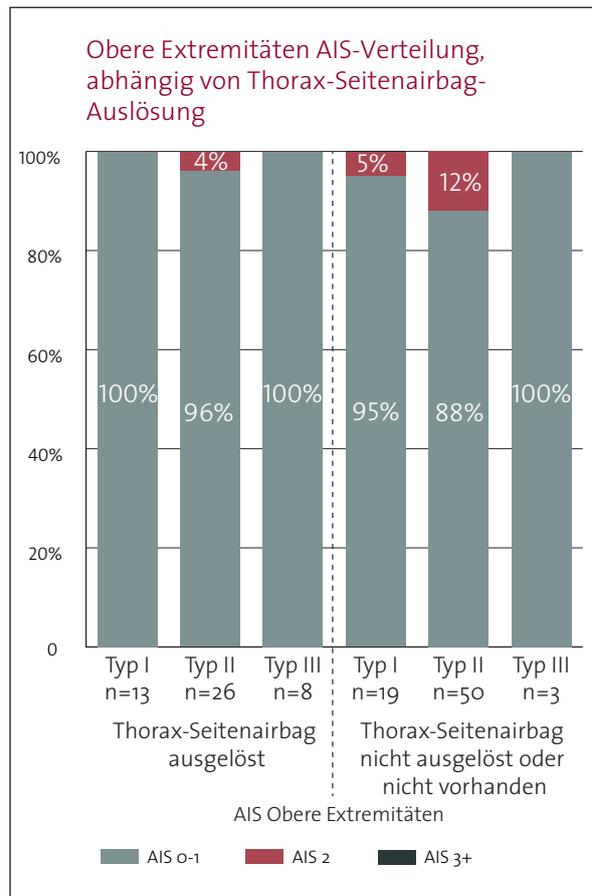


Abb. 7: AIS-Verteilung der oberen Extremitäten für Fahrzeuge mit ausgelösten und nicht ausgelösten Thorax-Seitenairbags (Modelle ab 1997)

im Datenmaterial selten waren und ihre Schutzwirkung für den Kopf angesichts des vergleichsweise geringen zusätzlichen Volumens, das diese im oberen Teil bereitstellen, fraglich erscheint. Entsprechend der Konzeption von Kopf-Seitenairbags wurde nur ihr Einfluss auf Kopfverletzungen und die Gesamtverletzungsschwere, ausgedrückt durch den MAIS, untersucht.

Wegen der geringeren Ausstattungsrate enthielt das Material weniger ausgelöste Kopf-Seitenairbags als ausgelöste Thorax-Seitenairbags. Wenn die Wirkung von Kopf-Seitenairbags untersucht wird, kann auch von einem Effekt durch Thorax-Seitenairbags ausgegangen werden,

weil in der Regel beide Module gemeinsam aktiviert werden. Kopf-Seitenairbags wirkten sich bei mittelschwerem Aufprall (Typ II) vorteilhaft auf die Häufigkeit von MAIS 2 und MAIS 3+ aus (Abb. 8). Die Fallzahl von Typ III- und Typ I-Aufprallschwere mit Kopf-Seitenairbagauslösung war zu selten, um daraus Schlussfolgerungen zu ziehen. Werden Verletzungsschweren am Kopf betrachtet, zeigt sich bei ausgelöstem Kopf-Seitenairbag eine Reduktion der Häufigkeit von AIS 2 und AIS 3+ bei mittelschweren und schweren Aufprallsituationen (Typ II und Typ III) (Abb. 9). Dennoch sollte die Interpretation der Ergebnisse angesichts der relativ kleinen Anzahl verfügbarer Fälle, besonders bei schwerem Aufprall, vorsichtig erfolgen.

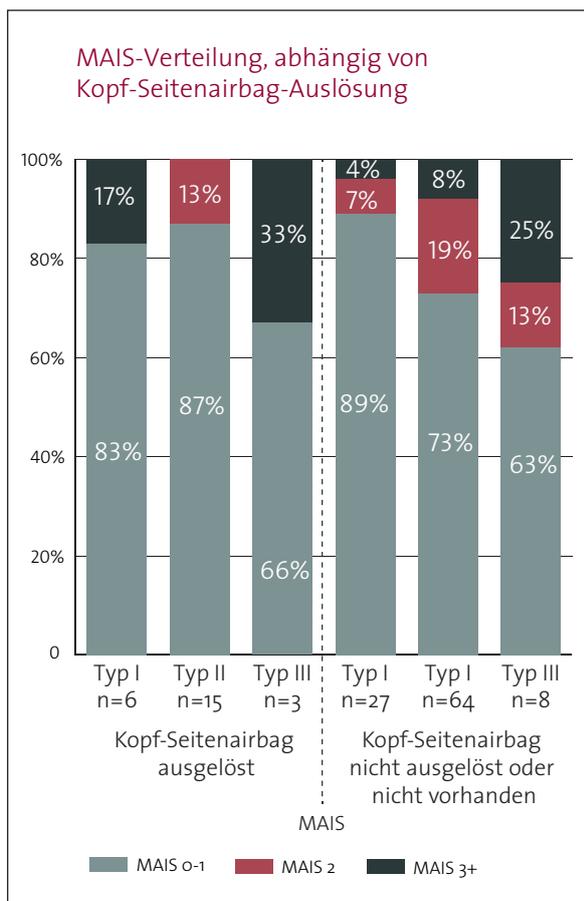


Abb. 8: MAIS-Verteilung für Fahrzeuge mit ausgelösten und nicht ausgelösten Kopf-Seitenairbags (Modelle ab 1997)

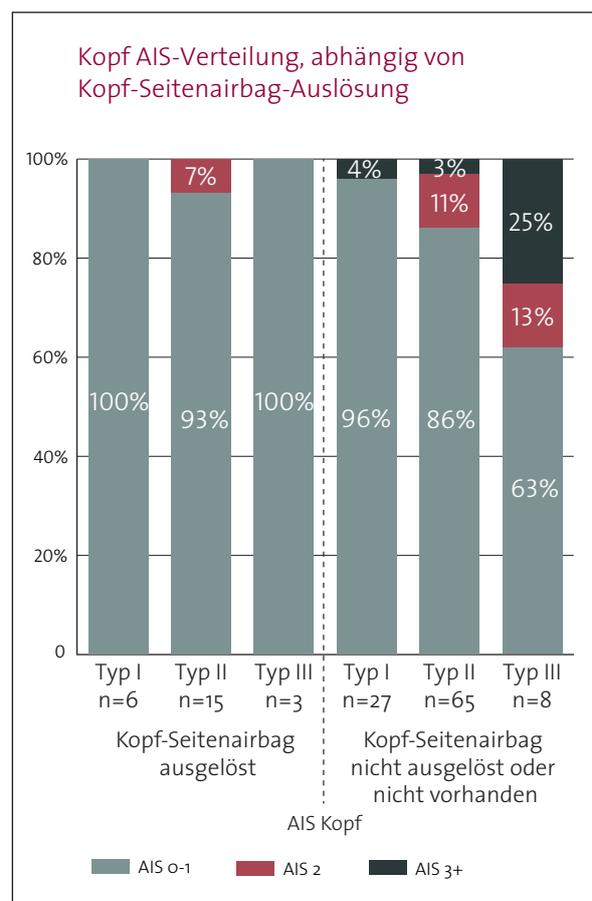


Abb. 9: Kopf AIS-Verteilung für Fahrzeuge mit ausgelösten und nicht ausgelösten Kopf-Seitenairbags (Modelle ab 1997)

Diskussion

Diskussion

Ziel dieser Studie war es, den Einfluss von Seitenairbags auf die Verletzungsreduktion beziehungsweise -schwereminderung bei Seitenkollisionen zwischen Kraftfahrzeugen zu identifizieren. Anders als bei einem Front- oder Heckaufprall, wo für gewöhnlich die Integrität der Fahrgastzelle erhalten bleibt, sind die Belastungen für Insassen beim Seitenaufprall oft komplexer. Kräfte auf den Insassen können einerseits als Folge unmittelbarer Belastung durch intrudierende seitliche Strukturen entstehen, andererseits auch als Resultat hoher Beschleunigungen auf die Seitenstruktur, wenn das Fahrzeug großflächig angestoßen wird. Im ersteren Fall sind konzentrierte Krafteinleitungen zu erwarten, während die Belastung sich im zweiten Fall großflächiger verteilen wird. Darüber hinaus kommt es im realen Unfallgeschehen zu einer großen Bandbreite von Anprallrichtungen gegen die Fahrzeugseite, wohingegen die aktuellen Seitenaufpralltests in Europa nur rechtwinklige Anstöße vorsehen.

Die vorliegende Arbeit weist eine Reihe von Limitationen auf, darunter auch die immer noch relativ kleine verfügbare Zahl von Fällen mit ausgelösten Seitenairbags. Wie oben angesprochen, stellt auch die große Variabilität der Aufprallbedingungen im realen Unfallgeschehen einen Umstand dar, der die Vergleichbarkeit zwischen Unfallereignissen und ihren Folgen erschwert. Dies stellte sich auch als eine der wesentlichen Einschränkungen in vorangegangenen Studien wie der von Page et al. heraus [4]. In unserer Arbeit beschränkten wir uns aus diesem Grunde nicht nur auf Seitenkollisionen zwischen Fahrzeugen und schlossen somit Alleinunfälle aus, sondern versuchten auch die Wirkung verschiedener Einflussgrößen beim seitlichen Stoß durch Definition von Gesamt-Aufprallschwere-Kategorien zu berücksichtigen. Mit diesem methodischen Ansatz soll die Vergleichbarkeit zwischen Aufprallbedingungen innerhalb einer Kategorie hinsichtlich ihrer Wirkung auf die Insassenbelastung verbessert werden. Page et al. [4] versuchten dieses Problem durch Schaffung von drei Kategorien für die Energie-

äquivalente Aufprallgeschwindigkeit zu adressieren, räumten aber Schwierigkeiten bei der Berechnung dieses Kennwertes und der Harmonisierung der Messungen zwischen verschiedenen Forschungsinstituten ein.

Selbst bei direkten Anstöße gegen die Fahrgastzelle lassen sich Unterschiede finden, wenn die verschiedenen Deformationsbilder näher betrachtet werden. Beispielsweise wird ein stoßseitig sitzender Fahrer keiner direkten Kraft infolge Intrusion ausgesetzt sein, wenn die Hauptverformung der Fahrgastzelle im Bereich der hinteren linken Seitentür stattfindet. Ebenso mag die Belastung auf die Fahrgastzelle eine andere sein je nachdem, ob die Türstruktur nur im zentralen Bereich deformiert wird oder ob steife Strukturen wie der Türschweller oder der B-Pfosten mit beteiligt sind. Entsprechend wurde eine Anzahl von Fällen im Material gefunden, in denen das Seitenairbagsystem trotz erheblicher Türintrusion nicht aktiviert wurde, während die Seitenairbags bei einigen Streifstößen mit geringer Deformationstiefe, aber Beteiligung steifer Karosseriestrukturen, ausgelöst wurden.

Der Vergleich von Fällen mit und ohne Seitenairbagauslösung ohne Berücksichtigung des Fahrzeugalters zeigte nur eine geringe Reduktion der Verletzungshäufigkeit und -schwere in der Brustregion bei mittelschweren und schweren Aufprallereignissen (Typ II und Typ III). Weil diese Unterschiede nicht nur durch Seitenairbags, sondern auch durch verbesserte Strukturfestigkeit der Fahrzeuge begründet sein könnte, wurde die Analyse ausschließlich für Modelle, die 1997 oder danach am Markt eingeführt wurden, wiederholt.

Für die Verletzungshäufigkeit der Brustregion konnte bei Thorax-Seitenairbagauslösung keine Verringerung festgestellt werden, sondern eher ein leichter Anstieg in minder schweren Aufprallsituationen (Typ I). Eine Auswertung von Verletzungen der oberen Extremitäten, wenngleich bei kleiner Fallzahl, weist auf eine leichte Reduktion des Verletzungsrisikos in dieser Körperregion hin. Es kann vermutet werden, dass ein aufgeblasener Thorax-Seitenairbag eine örtlich konzentrierte Belastung vom Arm und der Schulter fernhält. Erwartungsgemäß konnte kein positiver Einfluss des ausgelösten Thorax-

Seitenairbags auf Verletzungen des Kopfes, des Abdominalbereichs und der unteren Extremitäten festgestellt werden, da diese Körperregionen normalerweise von Seitenairbags dieser Art nicht unmittelbar abgedeckt werden. Die Untersuchung des Effekts von separaten Kopf-Seitenairbags zeigte hingegen Verringerungen der Kopfverletzungshäufigkeit, wenn auch die Zahl ausgelöster Kopf-Seitenairbags noch vergleichsweise klein war.

Während die Analysen nach Körperregion nicht immer eindeutige Erkenntnisse lieferten, scheinen beide Arten von Seitenairbags sich positiv auf die Gesamtverletzungsschwere (ausgedrückt als MAIS) eines stoßzugewandten Sitzenden bei mittelschwerem Seitenaufprall auszuwirken. Der Anteil von MAIS 2 und MAIS 3+ wurde durch Thorax- und durch Kopf-Seitenairbags bei Typ II-Aufprall verringert, einer Aufprallschwere, die mutmaßlich durch die aktuellen Crashtestverfahren annähernd adressiert wird.

Unser Fallmaterial beinhaltete aber auch eine kleine Anzahl von AIS 2 und sogar AIS 3+ Verletzungen im Zusammenhang mit ausgelösten Seitenairbags, die ohne ausgelöste Seitenairbags nicht – oder zumindest mit geringerer Häufigkeit – festgestellt wurden. Während sich dies zum Teil durch die relativ geringe Zahl verfügbarer Fälle bei Typ I- und Typ III-Aufprallschwere oder besonders ungünstige Ausgangsbedingungen bei sehr schweren Kollisionen begründen lässt, sind auch ungewünschte Nebeneffekte der Seitenairbagauslösung denkbar. Ähnliche Ergebnisse wurden auch in der Übersichtsarbeit von Page et al. zu früheren Seitenairbagstudien [4] berichtet.

Schlussfolgerungen

Aufgrund der Komplexität von Seitenkollisionen und der Vielfalt von Seitenairbagkonzepten auf dem Markt ist es schwierig, die Effektivität von Seitenairbags im realen Unfallgeschehen zu quantifizieren. In den hier untersuchten Aufprallsituationen konnte für Thorax-Seitenairbags keine klare Verringerung des Brustverletzungsrisikos nachgewiesen werden, während separate Kopf-Seitenairbags die Häufigkeit schwerer Kopfverletzungen reduzierten.

Nichts desto weniger scheinen beide Arten von Airbags das Gesamtverletzungsrisiko im Sinne des MAIS zu verringern. Daraus ist der Schluss zu ziehen, dass momentan ein Nutzen für den Schutz einzelner Körperregionen durch Seitenairbags nicht zu beziffern ist, diese aber den Insassenschutz beim Seitenaufprall allgemein erhöhen.

Augenscheinlich bestimmen im realen Unfallgeschehen geringe Unterschiede in den Kollisionsumständen, ob ein Seitenairbag bei einem minder- oder mittelschweren Aufprall ausgelöst wird oder nicht. Dies lässt vermuten, dass die Auslösealgorithmen dieser Systeme zu stark auf die Standard-Crashtestszenarien ausgerichtet sind.

Mögliche nachteilige Effekte durch unnötige oder verspätete Seitenairbagaktivierung sollten näher untersucht werden. Neben der fallweisen Analyse einzelner Kollisionen könnten auch Aufprallversuche bei geringeren Geschwindigkeiten und unter variierenden Anprallwinkeln helfen dazu nähere Erkenntnisse zu gewinnen.

Literatur

Literatur

- [1] Volvo; "Volvo Car Safety – Our Safety Firsts", Zugriff am 15.10.2014, [<http://www.volvocars.com/in/top/about/values/pages/safety.aspx>]
- [2] European New Car Assessment Programme (Euro-NCAP); "Side Impact Testing Protocol, Version 6.0, August 2012" heruntergeladen am 15.10.2014, [<http://www.euroncap.com/files/Euro-NCAP-Side-Protocol-Version-6.0---o-b02e5bb8-1706-490f-a339-d8baee4fb404.pdf>]
- [3] European New Car Assessment Programme (Euro-NCAP); "Pole Side Impact Testing Protocol, Version 5.2, November 2011" heruntergeladen am 15.10.2014, [<http://www.euroncap.com/files/Euro-NCAP-Pole-Protocol-Version-5.2---o-8d65ac64-eceb-43c5-a15e-c881853f1e9e.pdf>]
- [4] Page Y. et al.; "The Effectiveness of Side Airbags in Preventing Thoracic Injuries in Europe"; in: Bundesanstalt für Straßenwesen, BAST-Bericht F61: „2. Internationale Konferenz ESAR“, ISBN 978-3-86509-644-9, Bergisch Gladbach, 2007
- [5] Otte D., Huefner T.; "Effectiveness of Side-Airbags for Front Struckside Belted Car Occupants in Lateral Impact Conditions – An In-Depth Analysis by GIDAS", SAE Technical Paper 2007-01-1157, 2007
- [6] Association for the Advancement of Automotive Medicine (AAAM); "Abbreviated Injury Scale (AIS) 1990 – Update 98", Barrington, IL, 1998



Gesamtverband der Deutschen
Versicherungswirtschaft e.V.

Wilhelmstraße 43/43 G, 10117 Berlin
Postfach 08 02 64, 10002 Berlin

Telefon 030 . 20 20 - 58 21
Fax 030 . 20 20 - 66 33

unfallforschung@gdv.de
www.udv.de
www.gdv.de

Facebook: facebook.com/unfallforschung
Twitter: @unfallforschung
YouTube: youtube.com/unfallforschung

Redaktion: Dr. Axel Malczyk

Mitarbeit:
Michail Wald, Technische Universität Berlin,
Fachgebiet Kraftfahrzeuge

Konzeption + Gestaltung:
pensiero KG, www.pensiero.eu

Bildquellen:
Titelbild: Dr. Axel Malczyk, UDV,
die Nutzungsrechte der weiteren in dieser
Broschüre abgebildeten Fotos liegen bei der
Unfallforschung der Versicherer.

Erschienen: 04/2016



Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft

Wilhelmstraße 43 / 43G, 10117 Berlin
Postfach 08 02 64, 10002 Berlin

Tel.: 030 . 20 20 - 50 00, Fax: 030 . 20 20 - 60 00
www.gdv.de, www.udv.de